

**Dissertação**

**Mestrado Integrado em Medicina**

**NECESSIDADES NUTRICIONAIS DO DOENTE CRÍTICO**

Nuno André de Almeida Costa

Orientador: Dr. Aníbal Marinho

Porto, 2012

# NECESSIDADES NUTRICIONAIS DO DOENTE CRÍTICO

---

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Medicina.

Nuno André de Almeida Costa, aluno do 6.º ano do Mestrado Integrado em Medicina do Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar da Universidade do Porto.

**Orientador:** Dr. Aníbal Defensor Marinho, Chefe de Serviço da Unidade de Cuidados Intensivos 1 do Centro Hospitalar do Porto

Este trabalho segue as normas de publicação da Revista Brasileira de Terapia Intensiva (*Brazilian Journal of Intensive Care, BJIC*), ISSN 0103-507X, onde se perspetiva ser publicado.

## Resumo

**Introdução:** A avaliação do consumo energético através de calorimetria indireta é o método mais preciso para determinar as necessidades calóricas reais. Contudo, devido às suas limitações e inacessibilidade, as unidades de cuidados intensivos recorrem a equações preditivas do consumo energético ou a recomendações estabelecidas por sociedades internacionais.

**Objetivo:** Comparação do consumo energético de doentes críticos avaliados por calorimetria indireta com os calculados através da equação de Harris-Benedict e com os recomendados pela Sociedade Europeia de Nutrição (ESPEN).

**Métodos:** Procedeu-se a um estudo retrospectivo num Serviço de Cuidados Intensivos Polivalente do Centro Hospitalar do Porto. Foram selecionados doentes em que se procedeu à avaliação das necessidades calóricas desde 2003 até abril de 2012. Foi calculada a precisão (intervalo de  $\pm 10\%$  entre os valores medidos e estimados), limites de concordância e o viés da equação.

**Resultados:** Foram avaliados 85 doentes em que se efetuaram 288 medições por calorimetria indireta. Valores obtidos para necessidades nutricionais em diferentes métodos: Calorimetria Indireta  $1773,23 \pm 444,84$  kcal/dia ( $24,69 \pm 6,44$  kcal/kg/dia), Equação de Harris-Benedict  $1510,85 \pm 276,90$  kcal/dia ( $20,77 \pm 2,24$  kcal/kg/dia). A precisão da equação foi de 29,51% e o viés foi de -262,38 kcal/dia, com limites de concordância entre -1007,26 a 482,50 kcal/dia. O sexo ( $p=0,023$ ), a temperatura ( $p=0,009$ ) e o índice de massa corporal ( $p<0,001$ ) revelaram-se fatores com impacto significativo no consumo energético.

**Conclusões:** As recomendações europeias de administração calórica adequam-se, de uma forma global, aos doentes críticos na unidade estudada. A equação de Harris-Benedict não é precisa na determinação do consumo energético, subestimando-o, e apresentando diferenças significativas para predizer a nível individual o consumo energético real.

**Palavras-chave:** Calorimetria indireta; suporte nutricional; doente crítico; consumo energético.

## Abstract

**Introduction:** Measuring energy expenditure via indirect calorimetry is the most accurate method to determine the actual caloric needs. However, due to its limitations and inaccessibility, intensive care units rely on energy expenditure predictive equations or recommendations from international societies.

**Objective:** To evaluate and compare energy expenditure in critically ill patients measured by indirect calorimetry with those calculated by the Harris-Benedict equation and the recommended by the European Society of Nutrition (ESPEN).

**Methods:** A retrospective study was conducted in a polyvalent intensive care service of Centro Hospitalar do Porto. Critically ill patients with caloric needs assessment between 2003 and April 2012 were selected. We calculated the accuracy (predictions within 90% to 110% of the measured values), limits of agreement and bias of the equation.

**Results:** A total of 85 patients in which 288 measurements by indirect calorimetry were performed were selected. Energy expenditure obtained for different methods: Indirect Calorimetry  $1773.23 \pm 444.84$  kcal/day ( $24.69 \pm 6.44$  kcal/kg/day); Harris-Benedict Equation  $1510.85 \pm 276.90$  kcal/day ( $20.77 \pm 2.24$  kcal/kg/day). The equation accuracy was 29,51% with bias of -262.38 kcal/day and limits of agreement between -1007.26 and 482.50 kcal/day. Sex ( $p = 0.023$ ), temperature ( $p = 0.009$ ) and body mass index ( $p < 0.001$ ) had significant impact on energy expenditure.

**Conclusions:** The European Society caloric recommendations are globally suitable for the critically ill needs in the study unit. The Harris-Benedict equation is not accurate in

determining the energy expenditure. It underestimates it and reveals significant differences at the individual level to predict actual energy expenditure.

**Key words:** Indirect calorimetry; nutritional support; critically ill; energy expenditure.

## Agradecimentos

Ao Dr. Aníbal Marinho pela disponibilidade e atenção demonstrada e pelo incentivo e desejo de produção científica que incutiu em mim.

À Raquel Gil pela preocupação e ajuda.

## Índice

Resumo .....	III
Abstract.....	V
Agradecimentos .....	VII
Lista de Abreviaturas.....	9
Lista de Tabelas .....	10
Lista de Figuras .....	11
Introdução .....	12
Material e métodos .....	15
Resultados.....	20
Discussão.....	33
Referências .....	38



## Lista de Abreviaturas

ASPEN – *American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*

CHP – Centro Hospitalar do Porto

CE – Consumo energético

CI – Calorimetria indireta

CTL – Contagem total de leucócitos

DP – Desvio-padrão

ESPEN – *European Society for Clinical Nutrition and Metabolism*

HB – Harris-Benedict

IC – Intervalo de confiança

IMC – Índice de massa corporal

OR – *Odds ratio*

PCR – Proteína C reativa

QR – Quociente respiratório

SN – Suporte nutricional

SOFA - *Sequential Organ Failure Assessment*

SPSS – *Statistical Package for the Social Sciences*

VCO<sub>2</sub> – Volume de dióxido de carbono

VO<sub>2</sub> – Volume de Oxigénio

UCI – Unidade de Cuidados Intensivos

## Lista de Tabelas

		Pag.
Tabela I	Cálculo do consumo energético basal através da equação de Harris-Benedict sem fatores de correção	17
Tabela II	Parâmetros fornecidos pelo monitor da calorimetria indireta e dados colhidos para cada medição efetuada	21
Tabela III	Dados analíticos colhidos por doente	21
Tabela IV	Características das medições por calorimetria indireta	23
Tabela V	Sumário da precisão da equação de Harris-Benedict, do fator de correção, os limites de concordância e viés para a totalidade das medições e estratificado por índice de massa corporal	27
Tabela VI	Relações entre necessidades calóricas medidas por quilograma de peso e sexo, IMC médio, tipo de admissão, tempo de internamento, administração de catecolaminas, sedação e <i>score</i> SOFA.	28
Tabela VII	Percentagem de tipo de admissão por classe de índice de massa corporal agrupado.	32

## Lista de Figuras

	Pag.
Figura 1	Histograma da frequência de tempo de internamento 20
Figura 2	Distribuição do índice de massa corporal 22
Figura 3	Distribuição do aporte calórico de acordo com a estimativa da equação de Harris-Benedict 24
Figura 4	Correlação de Pearson para o consumo energético medido por calorimetria indireta e estimado pela equação de Harris-Benedict 25
Figura 5	Representação gráfica do método de Bland-Altman referente à comparação do consumo energético estimado pela equação de Harris-Benedict e medido por calorimetria indireta 26
Figura 6	Intervalos de confiança a 95% do valor médio de consumo energético por quilograma de peso medido por calorimetria indireta para cada uma das classes de IMC estabelecidas 30
Figura 7	Relação da idade com o consumo energético real por quilograma de peso 30
Figura 8	Intervalos de confiança a 95% para o valor médio do consumo energético medido por quilograma de peso para os diferentes tipos de admissão 31
Figura 9	Probabilidade de sobrevivência ao longo de 28 dias para os indivíduos com aporte calórico prescrito adequado e não adequado. 32

## Introdução

O doente crítico constitui uma amostra não homogénea de indivíduos que, devido a diferentes agressões agudas, necessitam de cuidados complexos e de monitorização constante, o que requer habitualmente um internamento numa Unidade de Cuidados Intensivos (UCI)<sup>1</sup>.

O estado nutricional dos doentes hospitalizados tem um impacto significativo na sua evolução clínica<sup>2</sup>. Segundo Logan e Hildebrandt<sup>3</sup>, a desnutrição calórica proteica é um problema prevalente, afetando entre 30% a 60% dos doentes hospitalizados. Muitos destes doentes perdem peso durante o internamento, tendo este fenómeno uma origem multifatorial (gravidade da doença, ausência de um suporte nutricional adequado, entre outros)<sup>4</sup>.

Este problema é ainda mais premente em doentes críticos, uma vez que apresentam um hipermetabolismo e um hipercatabolismo acentuado<sup>5,6</sup> e em que o seu estado clínico (nomeadamente a presença de instabilidade hemodinâmica e ausência por vezes de uma via entérica disponível) impossibilita que se possa proceder, em muitos casos, a um aporte nutricional precoce. Acresce ainda à problemática que o consumo energético (CE) pode ser condicionado por alguns procedimentos clínicos e farmacológicos que promovem uma redução da resposta metabólica<sup>7</sup>.

As *guidelines* das diferentes sociedades de nutrição entérica e parentérica recomendam que o suporte nutricional (SN) deve ser instituído em todos os doentes críticos nos quais não se perspetiva uma dieta oral completa nos três primeiros dias após a admissão a uma Unidade de Cuidados Intensivos. Este SN deve ser iniciado o mais precocemente possível, idealmente nas primeiras 24 a 48h após o internamento<sup>8</sup>.

Por esta razão, a determinação precisa do consumo energético destes doentes é obrigatória, assegurando-se assim as suas necessidades energéticas, evitando-se as múltiplas consequências deletérias associadas à hiper ou hiponutrição<sup>9,10</sup>. A desnutrição severa está associada ao aumento do risco de complicações pós-cirúrgicas, à duração da hospitalização<sup>11</sup>, à depressão do *drive* ventilatório<sup>12</sup> e à geração de imunodepressão<sup>13</sup>. A sobreestimação das necessidades calóricas associa-se a prolongamento da ventilação mecânica, hiperglicemia, disfunção hepática, estados hiperosmolares, disfunção imune, dificuldades do desmame do ventilador, entre outras<sup>14</sup>.

Foram descritos muitos métodos de avaliação do consumo energético no doente crítico, todos eles com limitações. A calorimetria indireta (CI) é um método não invasivo que determina as necessidades calóricas e a taxa de utilização dos substratos energéticos a partir do consumo de oxigénio e da produção do dióxido de carbono obtidos por análise do ar inspirado e expirado pelos pulmões<sup>15</sup>. Atualmente, considera-se o método *gold standard* para determinação do consumo energético real<sup>16</sup>, embora possua limitações técnicas bem conhecidas: exigência de pessoal treinado com disponibilidade, necessidade de uma fração de oxigénio inspirado menor do que 0,6 e custo elevado do equipamento<sup>15</sup>.

Existem outros métodos de mais fácil aplicabilidade que têm sido usados com maior frequência para otimizar o aporte calórico, dos quais se destacam as recomendações clínicas da *American Society for Parenteral and Enteral Nutrition* (ASPEN) e da *European Society for Clinical Nutrition and Metabolism* (ESPEN)<sup>8</sup> e o uso de equações para estimar o consumo energético.

Existem mais de 200 equações preditivas do consumo energético documentadas<sup>17</sup>, contudo a equação de Harris-Benedict é a mais estudada e com

maior uso na prática clínica<sup>18</sup>. Esta equação foi desenvolvida em 1919 através do recurso às medições de calorimetria indireta em adultos saudáveis em repouso, não hospitalizados<sup>19</sup>.

Estes métodos preditivos são, contudo, muitas vezes considerados imprecisos<sup>6,20,21,22</sup>, e, deste modo, nenhum método adquiriu ainda aceitação universal.

O objetivo primário deste trabalho consistiu na avaliação e comparação do consumo energético dos doentes críticos, medido por calorimetria indireta, com o calculado através da fórmula preditiva de Harris-Benedict e com as recomendações de aporte calórico da ESPEN. Procurou-se, igualmente, identificar parâmetros que poderiam influenciar o consumo energético e ainda avaliar o impacto do aporte calórico adequado vs não adequado na sobrevivência.

## Material e métodos

### 1. Desenho do estudo

Estudo transversal analítico retrospectivo efetuado no Serviço de Cuidados Intensivos do Centro Hospitalar do Porto (CHP) em que foram incluídos todos os doentes críticos com internamento mínimo de 3 dias, sujeitos a calorimetria indireta, com dados antropométricos registados.

CrITÉRIOS de exclusão: inexistência de dados que permitissem recorrer à equação de HB para estimar o CE (peso, altura e idade) e indivíduos com menos de 20 anos; no que concerne à CI foram rejeitadas as medições cujas determinações de quociente respiratório (QR) fossem  $< 0,6$  ou  $> 1,25$ , por indicarem marcos de fraca qualidade da medição<sup>23</sup>, e fração de oxigénio inspirado  $> 0,6$ . Nenhum diagnóstico de admissão foi excluído.

Foi obtido consentimento pela Direção Clínica e Comissão de Ética para a Saúde do CHP. Foram registados dados desde 2003 até abril de 2012 que incluíam informação demográfica, tipo de admissão (patologia neurocirúrgica, médica, transplantação, cirúrgica urgente e cirúrgica programada), índice de gravidade SOFA (*Sequential Organ Failure Assessment*) e valores de albumina, pré-albumina sérica, proteína C reativa (PCR), contagem total de leucócitos (CTL) e valores de ureia e creatinina urinária de 24h. Foi registada a data de colheita dos valores dos parâmetros bioquímicos.

O índice de massa corporal (IMC, em quilogramas por metro quadrado) foi calculado para todos os doentes estudados usando o peso e altura na admissão,

sendo agrupados em cinco classes tendo por base a classificação da Organização Mundial de Saúde<sup>24</sup>: <18,5 (baixo peso), 18,5-24,99 (normoponderal), 25-29,99 (excesso de peso), 30-34,99 (obesidade grau I) e  $\geq 35$  (obesidade grau II e III).

## **2. Calorimetria indireta**

A medição do CE real dos doentes foi efetuada por CI respiratória e todas as medições foram realizadas por um único responsável na instituição (orientador deste trabalho) com domínio da técnica, limitando-se, assim, a introdução de erros operador-dependente. Foram registados dados de todas as medições efetuadas a partir do segundo dia de internamento, respeitando os critérios de inclusão no estudo.

Todos os doentes foram avaliados durante ventilação mecânica, de forma contínua, com duração mínima de 25 minutos, em posição supina no leito, com movimentação mínima dos doentes e num ambiente termoneutro. Foi realizada apenas uma medição por dia, não sendo estabelecido um período específico para esse efeito.

Em cada medição por calorimetria indireta foram registados valores de quociente respiratório (QR), volume de oxigénio consumido ( $\text{VO}_2$ ) e de dióxido de carbono produzido ( $\text{VCO}_2$ ), administração de catecolaminas, temperatura do doente e presença ou não de sedação.

O aparelho utilizado para realização da CI foi o monitor metabólico Deltatract<sup>TM</sup> II (Datex-Ohmeda, Finlândia) e foi calibrado (gás e pressão) antes de



cada medição conforme as recomendações do fabricante<sup>25</sup>. O consumo energético é apresentado em kcal/dia e em kcal/kg/dia.

Após estabelecimento de suporte nutricional, as medições foram realizadas com manutenção de nutrição contínua.

A cada doente foram ainda registados valores de albumina, leucócitos, PCR e *score* SOFA no dia da primeira medição da CI e valores de pré-albumina e de ureia e creatinina de 24h nos dias subsequentes mais próximos ao da primeira medição.

### 3. Equação de Harris - Benedict

Foi calculado o consumo energético basal através da equação preditiva de Harris-Benedict (tabela I). Não foram aplicados fatores de *stress*/correção à equação por se considerar que a introdução de tais fatores introduz um carácter empírico nas estimativas.

Tabela I – Cálculo do consumo energético basal (kcal/dia) através da equação de Harris-Benedict sem fatores de correção

Equação de Harris-Benedict*	
<b>Sexo masculino</b>	$66,47 + (13,75 \times \text{peso}) + (5,003 \times \text{altura}) - (6,775 \times \text{idade})$
<b>Sexo feminino</b>	$655,09 + (9,563 \times \text{peso}) + (1,85 \times \text{altura}) - (4,676 \times \text{idade})$

\* Unidades dos parâmetros: peso em kg, altura em cm e idade em anos.

#### 4. Análise estatística

Para análise e tratamento dos dados estatísticos foi usado o programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), versão 17, e, em todos os testes, foi considerado um nível de significância estatística de  $p < 0,05$ . Os resultados são apresentados como média  $\pm$  desvio-padrão (DP).

Foi calculado o quociente de correlação de Pearson para avaliar a relação entre o CE obtido pela equação de HB e medido por CI. A correlação mede a força e direção da relação e o valor ( $r$ ) varia entre 0 (sem correlação) e 1 (correlação perfeita)<sup>26</sup>. O método de Bland & Altman permite descrever a concordância entre duas medições quantitativas que medem a mesma característica na mesma escala<sup>27</sup> e foi usado para avaliar a concordância dos valores obtidos pelos dois métodos. Não existe um valor de prova para descrever a concordância, esta passa pelo conceito que a diferença das duas medições emparelhadas é analisada em relação à média das duas medições, sendo recomendado que 95% dos dados devem estar incluídos em  $\pm 1,96$  desvios-padrões da média da diferença<sup>26</sup> e que o viés seja próximo do valor 0.

Foi calculado o grau de precisão da equação de HB, traduzido pela percentagem de dados compreendidos em  $\pm 10\%$  dos obtidos pela CI. Quando os valores das estimativas se encontravam fora desse intervalo, estas foram entendidas como imprecisas<sup>6</sup> e foram classificadas como aporte calórico indutor de subnutrição valores fornecidos pela equação de HB  $< 90\%$  dos medidos pela CI e sobrenutrição os  $> 110\%$ . Foi calculado o *odds ratio* (OR) para o risco de morte de acordo com o aporte calórico, e a probabilidade de sobrevivência estratificada de acordo com o aporte calórico foi estudada através das curvas de Kaplan-Meier e *log rank test*.

Foi igualmente calculado o viés da equação de HB, isto é, a diferença média do CE obtido pela equação de HB e pela CI para todas as medições e agrupada por IMC. Os resultados foram expressos em Kcal/dia e em intervalos de confiança (IC) a 95% para a média da diferença. A equação de HB é considerada sem viés se o IC incluir o valor 0.

Avaliou-se a associação entre o CE real por quilograma de peso e os seguintes parâmetros: sexo, idade, sedação, administração de amins, temperatura, tipo de admissão e *score* SOFA.

A comparação entre as variáveis contínuas foi feita usando modelos de regressão e a comparação entre variáveis contínuas e categóricas, dicotómicas e policotómicas, foi realizada através do recurso aos testes estatísticos de t-Student e ANOVA, respetivamente.

## Resultados

Do total de 136 doentes que foram submetidos a CI desde 2003 até abril de 2012 nesta UCI, 85 cumpriram os requisitos de inclusão. A amostra foi constituída por 71,76% (n=61) indivíduos do sexo masculino com uma idade média de  $60,08 \pm 17,05$  anos, um IMC médio de  $25,84 \pm 5,13$  e uma taxa de mortalidade de 23,8%. Motivos de admissão: foro neurocirúrgico 50,6%, médico 16,5%, transplantes 7,1%, cirúrgico urgente 15,3% e cirúrgico programado 10,6%. O tempo de internamento médio foi de  $13,42 \pm 13,86$  dias com o valor mínimo de 3 dias de internamento e máximo de 76 dias (figura 1).

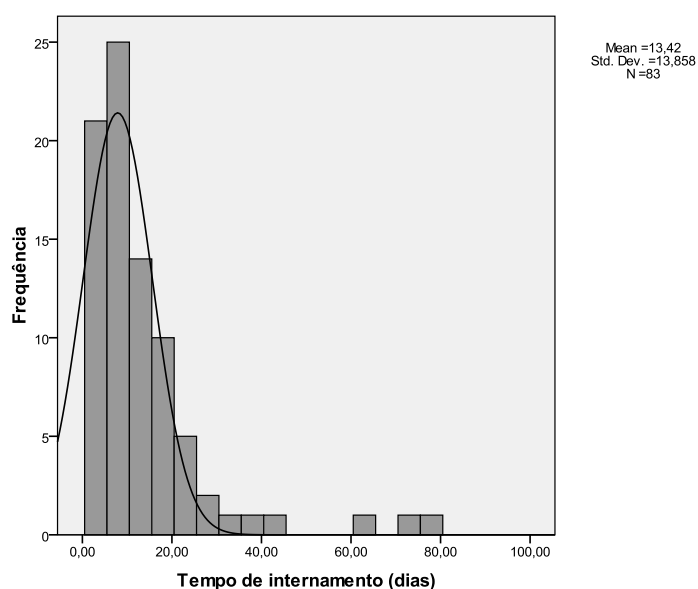


Figura 1 – Histograma da frequência de tempo de internamento (dias).

Os valores obtidos em cada medição de CI, nomeadamente o QR,  $VO_2$  e  $VCO_2$ , administração de catecolaminas, temperatura do doente e presença ou não de sedação estão descritos na tabela II. Os valores obtidos de albumina, leucócitos,

PCR e *score* SOFA no dia da primeira medição da CI e valores de pré-albumina e de ureia e creatinina de 24h encontram-se na tabela III.

Tabela II – Parâmetros fornecidos pelo monitor da calorimetria indireta e dados colhidos para cada medição efetuada

	<b>n</b>	<b>Valor médio</b>	<b>% de casos positivos</b>
<b>QR</b>	288	0,77 ± 0,16	-
<b>VO<sub>2</sub></b>	240	269,45 ± 73,33	-
<b>VCO<sub>2</sub></b>	240	186,99 ± 51,72	-
<b>Catecolaminas</b>	224	-	30,4
<b>Sedação</b>	214	-	65,9
<b>Temperatura ≥ 38.°C</b>	204	-	34,8

Tabela III – Dados analíticos colhidos por doente

	<b>n</b>	<b>Valor médio</b>	<b>Diferença mediana de dias da medição da CI</b>
<b>Albumina (g/dl)</b>	85	2,82 ± 0,59	0
<b>CTL (células/mm<sup>3</sup>)</b>	85	12409,72 ± 8476,77	
<b>PCR (mg/L)</b>	78	112,60 ± 106,82	
<b>SOFA</b>	82	5,46 ± 3,02	
<b>SOFA – cardiovascular</b>	80	1,41 ± 1,85	
<b>SOFA – respiração</b>	81	1,78 ± 1,16	
<b>SOFA – renal</b>	80	0,2 ± 0,6	
<b>SOFA – coagulação</b>	81	0,43 ± 0,93	
<b>SOFA – Glasgow</b>	68	1,45 ± 1,69	
<b>SOFA – hepático</b>	80	0,32 ± 0,74	

<b>Pré-albumina (mg/L)</b>	63	141,83 ± 72,05	
<b>Ureia 24h (g/dia)</b>	67	25,53 ± 14,19	1,5
<b>Creatinina 24h (mg/dia)</b>	67	1139,08 ± 536,99	

**Onde:** CTL, contagem total de linfócitos

Os doentes estudados apresentavam um IMC médio de  $25,84 \pm 5,13$  assim distribuídos: 5,9% (n=5) tinham IMC < 18,5 (baixo peso), 38,8% (n=33) com IMC entre 18,5 e 24,99 (normoponderal), 36,5% (n=31) com IMC 25-29,99 (excesso de peso), 15,3% (n=13) com IMC 30-34,99 (obesidade grau I) e 3,5% (n=3) com IMC  $\geq 35$  (obesidade grau II e III) (figura 2).

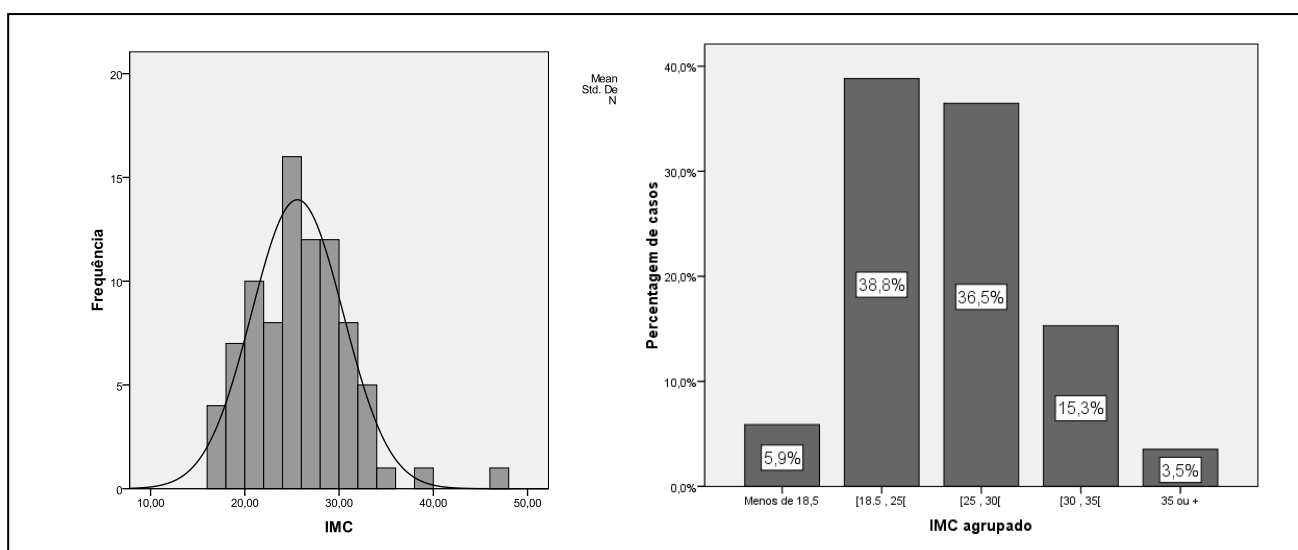


Figura 2 – Distribuição do índice de massa corporal (IMC). À esquerda histograma da distribuição do IMC dos indivíduos. À direita distribuição dos indivíduos por classes de IMC.

Foram efetuadas 288 medições de CI tendo-se obtido um valor médio de necessidades calóricas de  $1773,23 \pm 444,84$  kcal/dia ( $24,69 \pm 6,44$  Kcal/kg/dia) (tabela IV).

Tabela IV – Características das medições por calorimetria indireta

Medições por calorimetria indireta	
Número de medições	288
N.º médio por doente	3,38 ± 2,18
Duração da medição (h)	
Média ± DP	12,12 ± 9,43
Mínimo	0,45
Máximo	72,42
Total	3491,38
Necessidades calóricas (Kcal/kg/dia)	
Média ± DP	24,69 ± 6,44
Mediana	24,22
Mínimo	11,75
Máximo	50,00

Onde: DP, desvio padrão.

O consumo energético médio obtido pela equação de HB foi de 1510,85 ± 276,90 kcal/dia ( $20,77 \pm 2,24$  kcal/Kg/dia). Desta forma, a equação de HB indicou em média um CE correspondente a 85,17% do medido pela CI.

Apenas em 29,51% (n=85) das medições por CI a equação de Harris-Benedict previu uma administração calórica adequada. Em 57,29% das medições (n=165) haveria hiponutrição (valor previsto < 90% do medido) e em 13,20% (n=38) hipernutrição (valor >110%), perfazendo um total de 70,49% de aporte calórico desadequado (figura 3).

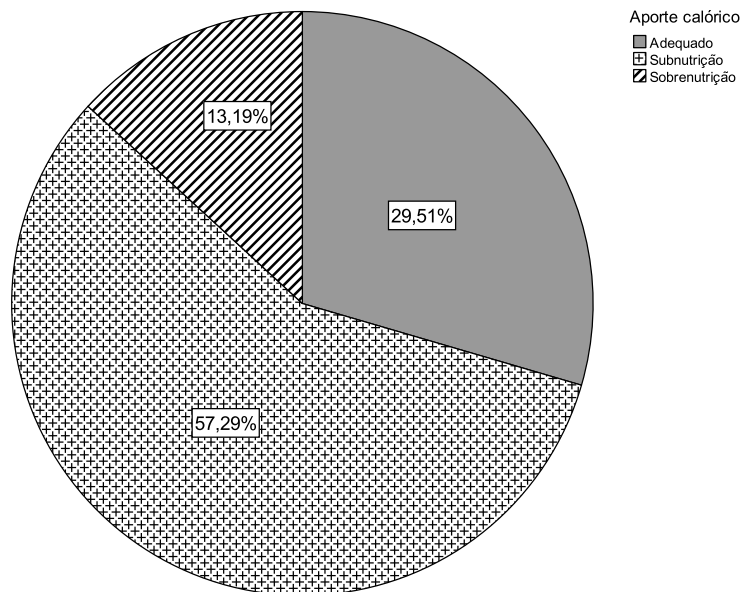


Figura 3 – Distribuição do aporte calórico de acordo com a estimativa da equação de Harris-Benedict (percentagem de aporte adequado, indutor de subnutrição e sobrenutrição).

O quociente de correlação de Pearson revelou uma correlação significativa ( $p < 0,001$ ,  $n = 288$ ) mas moderada<sup>26</sup> ( $r = 0,528$ ) entre o CE obtido através da fórmula de HB e o medido por CI (fig. 4).

A figura 5 mostra a representação do método de Bland-Altman. A partir deste podemos constatar que 15/288 (0,05%) dos pontos estão para além de  $\pm 1,96$  desvios-padrões, existindo uma concordância aceitável entre os dados fornecidos pelos dois métodos. O viés obtido foi de  $-262,38 \pm 380,04$  kcal/dia e os limites de concordância variaram entre  $-1007,26$  (média  $- 1,96$  DP) e  $482,5$  (média  $+ 1,96$  DP).



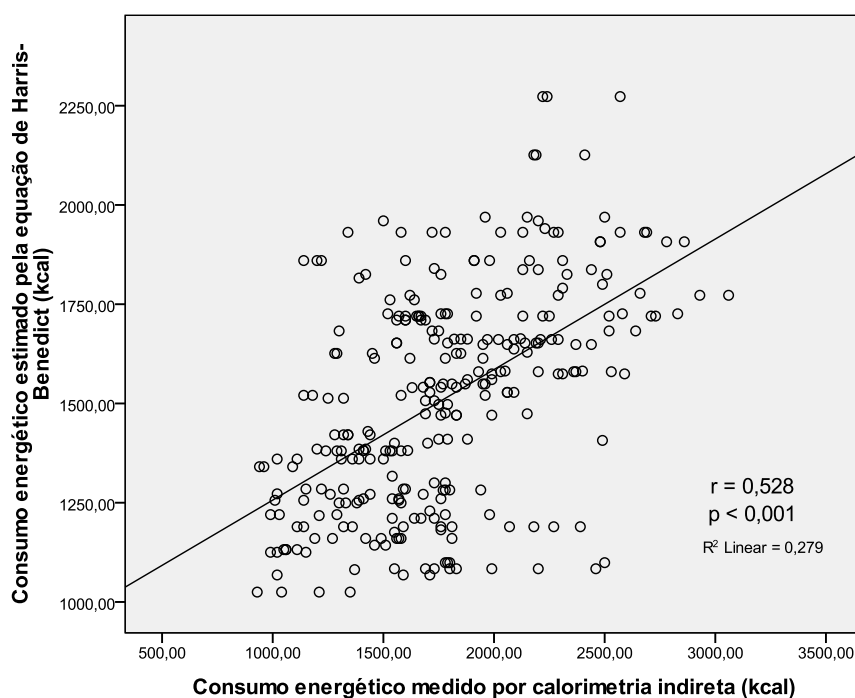


Figura 4 – Correlação de Pearson para o consumo energético medido por calorimetria indireta e estimado pela equação de Harris-Benedict.

A equação de HB apresentou-se enviesada quando considerada a totalidade das medições (intervalo de confiança a 95% de -306,46 a -218,30), estando não enviesada apenas quando agrupada por IMC e para os indivíduos com IMC nas classes de baixo peso, excesso de peso e obesidade graus I, II e III (tabela V). A equação preditiva de HB subestimou o CE real para a generalidade das medições e para todas as classes de IMC, sendo a diferença média maior para os indivíduos com  $IMC < 18,5$  (-318,36 kcal/dia) e a menor para os indivíduos com obesidade grau II e III (-4,70 kcal/dia). A precisão da equação mostrou-se aumentada nas classes referentes a obesidade, sendo que, nos graus II e III, a precisão obtida foi de 100%. O fator de correção médio da equação de HB à CI foi de 1,17.

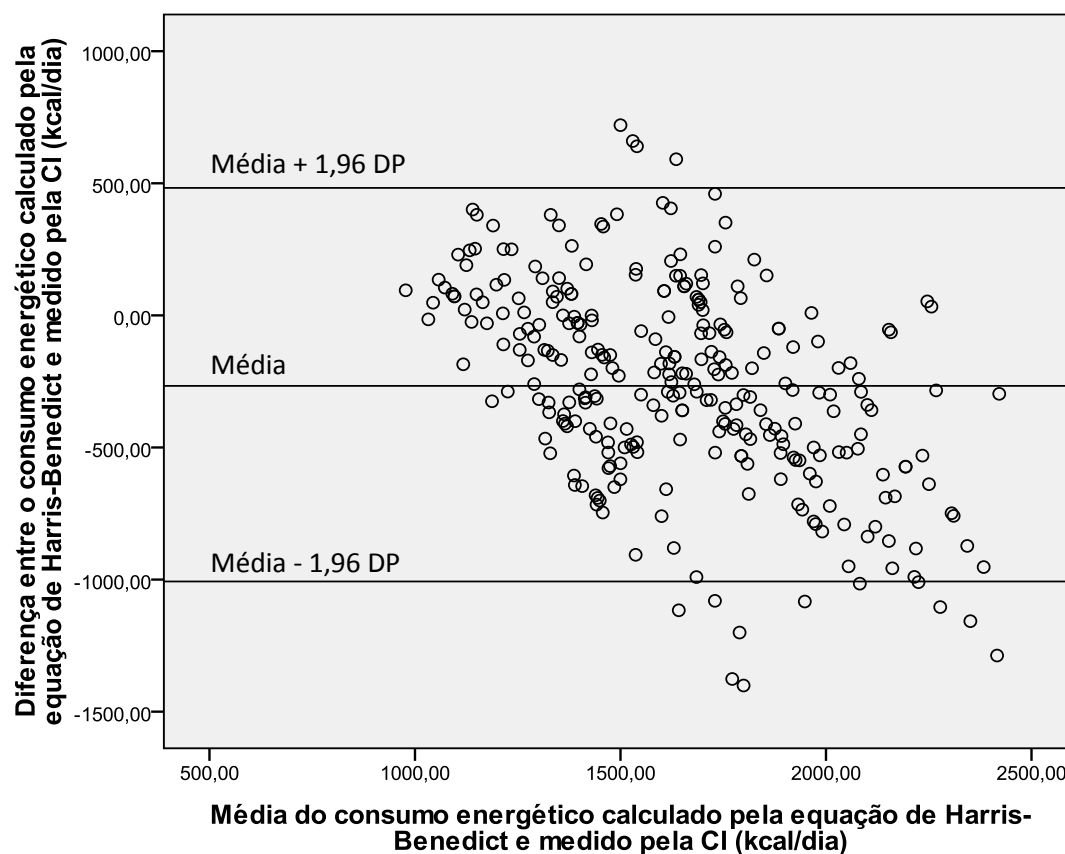


Figura 5 – Representação gráfica do método de Bland-Altman referente à comparação do consumo energético estimado pela equação de Harris-Benedict e medido por calorimetria indireta.

Tabela V – Sumário da precisão da equação de Harris-Benedict, do fator de correção constatado, dos limites de concordância e do viés (média da diferença entre os valores estimados e medidos e intervalo de confiança a 95% para a média) para a totalidade das medições e estratificado por índice de massa corporal.

	Precisão <sup>1</sup> (%)	Fator de correção <sup>2</sup>	Limites de concordância (Kcal/dia)	Diferença entre os valores obtidos pela equação de HB e CI	
				Média (kcal/dia)	Intervalo de confiança a 95%
Total de medições	29,51	1,17	-1007,26 a 482,50	-262,38	-306,46 a -218,30
Normal	24,20	1,21	-1004,98 a 404,88	-300,05	-427,58 a -172,52
Baixo peso	20,01	1,26	-969,30 a 332,58	-318,36	-730,73 a 94,01*
Excesso de peso	32,30	1,06	-773,53 a 580,79	-96,37	-223,10 a 30,35*
Obesidade grau I	30,81	1,09	-918,74 a 614,84	-151,95	-388,36 a 84,47*
Obesidade grau II e III	100,00	1,00	- 237,41 a 228,01	-4,70	-299,64 a 290,24*

**Onde:** CE, consumo energético; HB, equação de Harris-Benedict; CI, calorimetria indireta.

\* Englobam o valor 0.

<sup>1</sup> – Percentagem de casos em que o valor estimado pela equação de HB se encontra no intervalo  $\pm 10\%$  do valor medido pela CI.

<sup>2</sup> – Fator que deveria ser multiplicado o consumo energético pela equação de Harris-Benedict para se obter o consumo energético medido pela calorimetria indireta (considerando apenas o índice de massa corporal).

Procurou-se encontrar relações estatísticas entre diferentes variáveis e as necessidades calóricas por quilograma de peso, o que se apresenta na tabela VI. Verificou-se que o consumo energético é significativamente maior no sexo masculino ( $p=0,023$ ) com valores médios de  $24,66 \pm 6,38$  kcal/dia/kg vs  $21,17 \pm 6,01$  kcal/kg/dia no sexo feminino. Os indivíduos com temperatura  $\geq 38^\circ\text{C}$  apresentam CE ( $26,29 \pm 7,23$  kcal/kg/dia) significativamente superior ( $p=0,009$ ) comparativamente com os de temperatura inferior ( $23,68 \pm 6,69$  kcal/kg/dia). Verificou-se uma diminuição (ANOVA,  $p<0,001$ ) das necessidades calóricas médias por quilograma de peso nas classes de maior IMC, variando o CE real entre  $30,54 \pm 9,31$  kcal/kg/dia nos indivíduos com IMC  $< 18,5$  e  $16,72 \pm 1,86$  kcal/kg/dia nos indivíduos com IMC  $\geq 35$  (figura 6). Não houve diferenças significativas do CE médio por quilograma de peso com a administração de amins e sedação, nem relativamente ao índice de gravidade SOFA, nem quando os indivíduos foram estratificados em três classes: 0-4 (SOFA baixo), 5-7 (SOFA médio) e  $\geq 8$  (SOFA elevado) ( $p=0,778$ ). Relativamente à idade dos indivíduos, verificou-se que, à medida que esta aumenta, o consumo energético por quilograma de peso diminui (regressão linear,  $p<0,001$ ,  $r=0,371$ ) (figura 7).

Tabela VI – Relações entre necessidades calóricas medidas por quilograma de peso e sexo, IMC médio, tipo de admissão, tempo de internamento, administração de catecolaminas, sedação e *score* SOFA.

	Consumo energético médio (kcal/dia/kg) $\pm$ desvio padrão	p
<b>Sexo</b>		
<b>Masculino</b>	$24,66 \pm 6,38$	<b>0,023*</b>
<b>Feminino</b>	$21,17 \pm 6,01$	

Administração de aminos		
Sim	23,79 ± 5,28	0,167*
Não	24,99 ± 7,29	
Sedação (sim/não)		
Sim	24,29 ± 6,64	0,328*
Não	25,26 ± 7,39	
Temperatura ≥ 38.°C		
< 38.°C	23,68 ± 6,49	0,009*
≥ 38.°C	26,29 ± 7,23	
IMC		
Baixo peso	30,54 ± 9,31	< 0,001**
Normal	26,80 ± 6,13	
Excesso de peso	21,28 ± 4,56	
Obesidade grau I	20,44 ± 4,91	
Obesidade grau II e III	16,72 ± 1,86	
Tipo de admissão		
Neurocirúrgico	23,92 ± 7,51	0,402**
Médico	24,33 ± 5,70	
Transplante	26,84 ± 4,30	
Cirúrgico urgente	20,90 ± 4,57	
Cirúrgico programado	23,42 ± 4,71	
SOFA score		
Baixo (≤4)	23,60 ± 6,69	0,778**
Médio (5-7)	23,17 ± 5,84	
Elevado (≥8)	24,54 ± 7,76	

Onde IMC, índice de massa corporal; p, valor de prova.

\* Valor de prova obtido através do teste estatístico t-Student

\*\* Valor de prova obtido através do teste estatístico ANOVA

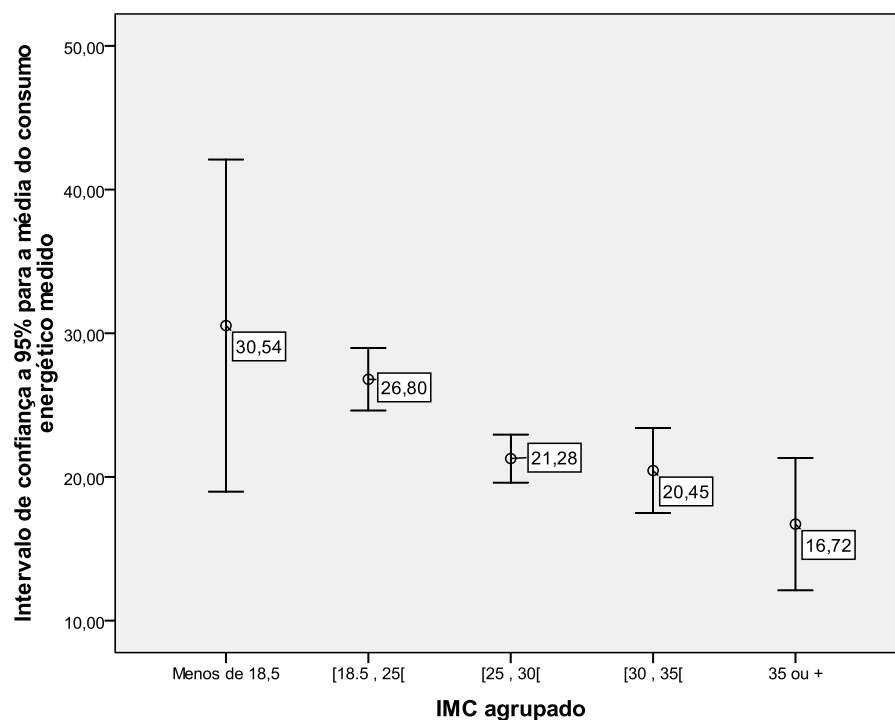


Figura 6 – Intervalos de confiança a 95% do valor médio de consumo energético por quilograma de peso medido por calorimetria indireta para cada uma das classes de IMC estabelecidas.

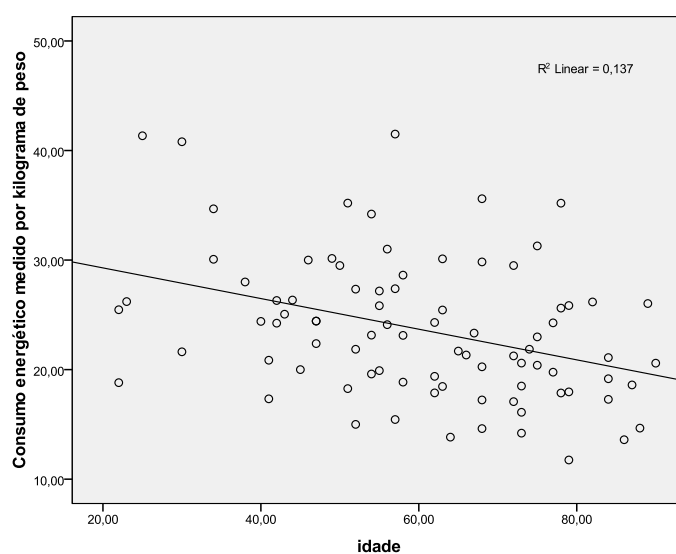


Figura 7- Relação da idade com o consumo energético real por quilograma de peso.

Apesar da inexistência de diferenças médias significativas ( $p=0,402$ ) do CE real entre os diferentes tipos de admissão, verifica-se que o valor mais elevado corresponde ao foro da transplantação com consumo energético médio de  $26,84 \pm 4,30$  kcal/dia/kg e o mais reduzido ao cirúrgico urgente com  $20,90 \pm 4,57$  kcal/kg/dia (figura 8). O cruzamento do tipo de admissão com o IMC é apresentado na tabela VII.

Os riscos estimados de mortalidade não são significativamente diferentes nos indivíduos com aporte calórico adequado e não adequado (OR=1,267 com IC a 95% de 0,403 a 3,982). A probabilidade de sobrevida aos 28 dias é maior para os indivíduos com aporte calórico adequado, mas não apresenta diferença significativa para os de não adequado (*Log Rank*,  $p=0,457$ ) (figura 9).

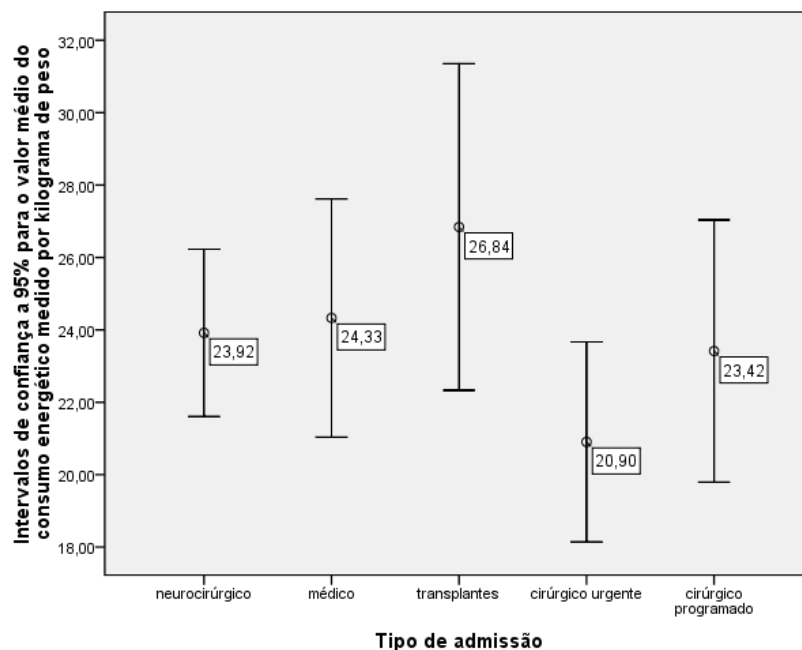


Figura 8 – Intervalos de confiança a 95% para o valor médio do consumo energético medido por quilograma de peso para os diferentes tipos de admissão.

Tabela VII – Percentagem de tipo de admissão por classe de índice de massa corporal agrupado.

		Tipo de admissão				
		Neuroci.	Médico	Transpl.	Cirúrgico Urgente	Cirúrgico Programado
		%	%	%	%	%
IMC	Baixo peso	60	20	0	20	0
	Normal	51,5	9,1	18,2	12,1	9,1
	Excesso de peso	45,2	16,1	0	22,6	16,1
	Obesidade grau I	53,8	30,8	0	7,7	7,7
	Obesidade grau II e III	66,7	33,3	0	0	0

Onde: Neuroci., abreviatura de neurocirúrgico; transpl., abreviatura de transplantes

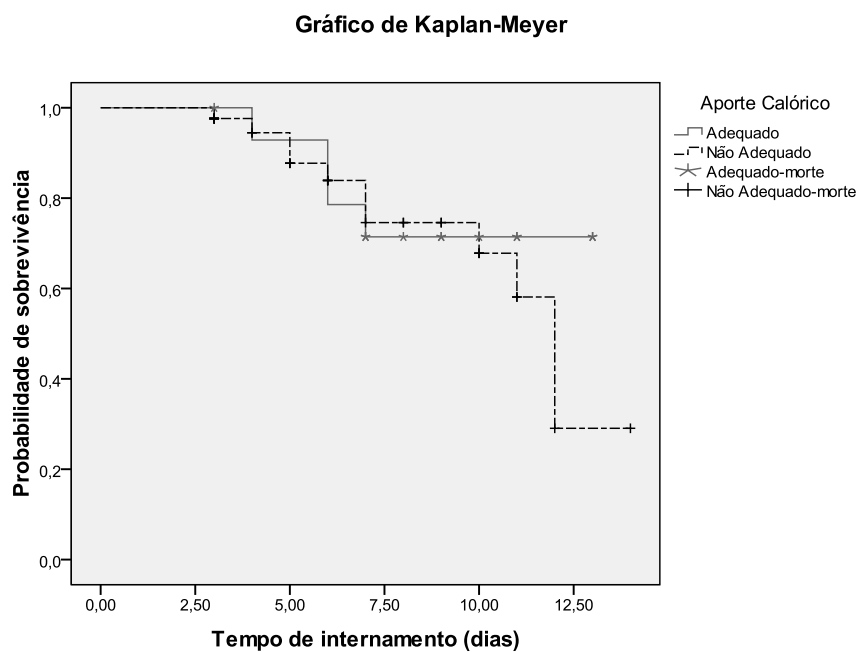


Figura 9- Gráfico de Kaplan-Meier representando a probabilidade de sobrevivência ao longo de 28 dias para os indivíduos com aporte calórico prescrito adequado e não adequado.



## Discussão

A equação de Harris-Benedict revelou-se imprecisa (29,51% de precisão), enviesada e com limites de concordância alargados, desde -1007,26 a 482,50 kcal/dia. Desta forma, a utilidade a nível prático da equação de HB parece limitada, uma vez que, num extremo, dificilmente parece aceitável que, num indivíduo, a estimação calórica possa indicar um valor de 1000 kcal/dia inferior ao que seria medido por calorimetria indireta e, segundo Frankenfield *et al*<sup>28</sup>, valores de precisão inferiores a 50% não parecem adequados do ponto de vista clínico. Os nossos resultados apontam para 70,49% de aporte calórico estimado desadequado (57,29% de hiponutrição e 13,19% de hipernutrição), o que está de acordo com a literatura. Kross *et al*<sup>20</sup>, em 927 doentes críticos, constatarem 68,7% de imprecisão (nutrição desadequada) da equação de HB, Pirat *et al*<sup>6</sup>, em 34 doentes críticos com neoplasias, relatam 58% de nutrição desadequada (29% de hiponutrição e hipernutrição respetivamente) e Boullata *et al*<sup>22</sup> em 395 concluíram 57% de predições ineficazes.

Neste estudo verificou-se uma correlação significativa de apenas 52,8% entre o CE obtido através da equação de HB (1510,85 kcal/dia) e da CI (1773,23 kcal/dia,  $p < 0,001$ ), sendo esta equação indutora de hiponutrição (a equação previu em média apenas 85,19% das calorias necessárias). A equação de HB apresentou viés de -262,38 kcal/dia, o que corresponde a um valor concordante e relativamente mais preciso que o atribuído por vários estudos, como refere a revisão de Frankenfield *et al* em que os valores médios variavam entre -250 e -900 kcal/dia, sendo contudo bastante superior às -150 kcal/dia constatadas por Kross *et al*. Embora não tenha sido definido *a priori*, consideramos, tal como Boullata *et al*, que erros superiores a 250 kcal/dia não são

cl clinicamente aceitáveis, podendo induzir estados de hiponutrição ou hipernutrição e suas consequências deletérias. Sabendo que em média houve uma subestimação diária de 262,38 kcal e que o tempo médio de internamento foi de 13,42 dias, poderíamos constatar que o viés cumulativo seria cerca de 3521 kcal a menos, o que enfatiza a imprecisão da estimacão.

Ao contrário do apontado por Kross *et al*, no nosso estudo a equacão de HB não parece subestimar o CE de forma mais marcada nos indivíduos com obesidade. Pelo contrário, a diferença média parece ser menor (-151kcal/dia para obesidade grau I e -4,7 kcal/dia para obesidade grau II e III *vs* -262 kcal/dia para o total) mas isto poderá dever-se ao número limitado de indivíduos com obesidade neste estudo (18,8%) comparativamente aos 43,3% que incluíam o estudo supracitado. Todavia estes resultados são concordantes com os estudos de Zauner *et al*.<sup>18</sup> e de Reid<sup>29</sup> e sugerem que a equacão de HB sem fatores de correção parece ser um bom preditor do CE nos indivíduos com IMC  $\geq 35$  (100% de precisão).

A existência de correlacão entre a equacão de HB e a CI é concordante com os resultados de Boullata *et al*, mas novamente isso não se refletiu na precisão e inexistência de viés aceitável, o que são caraterísticas clinicamente mais úteis do que a medição da força da correlacão. Em suma, o presente estudo vai ao encontro de vários resultados apontando para a ineficácia das equações preditivas<sup>20,22,28,30</sup> e para o facto da equacão de HB tender a subestimar as verdadeiras necessidades calóricas<sup>20,31</sup>. Todavia, outros autores apontam a equacão de HB como um substituto aceitável da CI<sup>32,33</sup>.

As últimas *guidelines* da ESPEN<sup>8</sup> recomendam que, ao doente crítico, na ausência de calorimetria indireta, deve ser administrado um valor calórico de 25kcal/kg/dia a atingir ao longo de 2-3 dias após o início de suporte nutricional. Os

nossos resultados, constatando necessidades calóricas médias de 24,69 kcal/kg/dia, vieram demonstrar que, de uma forma global, os valores recomendados pela sociedade europeia são adequados às necessidades globais dos doentes desta UCI, embora possa ocorrer ligeira hipernutrição, particularmente para indivíduos com IMC mais elevado. Isto é ainda mais relevante, atendendo a que existem recomendações recentes<sup>34</sup> que sugerem a aplicação de um regime nutricional hipocalórico (11-14/kg/dia do peso atual) e hiperproteico aos doentes obesos sem contraindicações. Stucky *et al*<sup>35</sup> recomenda, inclusivamente, a utilização de regimes nutricionais hipocalóricos na generalidade dos internados em UCI.

O fator de correção médio de 1,17 à equação de HB é bastante inferior ao 1,6 apontado por MacDonald e Hildebrandt<sup>16</sup> em 76 doentes críticos, mas mais próximo do 1,1 apontado por Boullata *et al* em 395 doentes críticos. O uso de fatores de correção foi já considerado não fiável a nível prático<sup>28</sup>, até porque, diversos parâmetros, alguns ainda não determinados, contribuem para o CE total e variam consoante a globalidade desses parâmetros numa UCI.

O tipo de admissão não influenciou o CE medido, ressalvando-se que 50,6% dos indivíduos pertenciam a uma só classe (patologia neurocirúrgica). Embora esteja descrito que a sedação diminui o CE real, enquanto que as aminas vasoativas aumentam<sup>36</sup>, esta associação não se verificou no nosso estudo. Não obstante, não foi usada nenhuma escala de sedação para quantificar o nível de sedação dos doentes.

Neste estudo também não se verificou a existência de uma relação entre o CE real e a gravidade da doença avaliada pelo SOFA. Por outro lado, o CE real foi significativamente maior nos indivíduos com temperatura  $\geq 38^{\circ}\text{C}$ . Estes achados apoiam as conclusões de Bruder *et al*<sup>37</sup> em que a temperatura corporal foi o maior determinante

do CE de repouso nos indivíduos sedados. Relativamente ao catabolismo proteico, o valor médio de ureia de 24h obtido de 25,53 g/dia é superior ao que Pirat *et al* obtiveram (15,1 g/dia), o que poderá indicar um estado hipercatabólico mais elevado dos doentes que ingressaram no nosso estudo.

Não se observaram diferenças entre a sobrevivência dos indivíduos com aporte calórico prescrito considerado adequado vs não adequado. Todavia, o recente estudo randomizado de Singer *et al* (TICACOS)<sup>38</sup> mostrou que, o aporte calórico ajustado para os valores obtidos por medições sucessivas de CI esteve associado a redução significativa da mortalidade (28,5% vs 48,2%), e maior tempo de internamento comparativamente à administração fixa de 25 kcal/kg/dia, enfatizando a relevância da determinação individual do CE.

Não podemos deixar de referir as limitações deste estudo que incluem o facto de ser retrospectivo e de ter sido seleccionada uma população não aleatória de doentes, pelo que, as conclusões obtidas podem não ser generalizáveis a todos os doentes críticos. Outra limitação consiste no facto de terem sido consideradas as necessidades calóricas necessárias, e não as efetivamente administradas, podendo existir uma discrepância considerável<sup>39</sup>.

Sendo a CI reconhecida como método de referência para medição do CE em doentes críticos ventilados<sup>40</sup>, as limitações que a acompanham induzem que fórmulas como a equação de HB e recomendações de sociedades de nutrição sejam ainda os métodos mais comuns de estimação do CE real na prática clínica. Os nossos resultados, apesar das suas limitações, confirmam a necessidade de se desenvolver ou melhorar os métodos preditivos de CE mais usados e corroboram que, na ausência de uma indicação

precisa de quais os indivíduos em que o CE é eficazmente estimado pela equação de HB, a CI permanece como método mais fidedigno da sua determinação.

## Referências

1. Moreno R, Vincent JL, Matos R, Mendonça A, Cantraine F, Thijs L. The use of maximum SOFA score to quantify organ dysfunction in intensive care. *Intensive Care Med.* 1999;25:686-696.
2. Fontoura C, Cruz D, Londero L, Vieira R. Avaliação nutricional de paciente crítico. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva.* 2006;18(3):298-306.
3. Logan S, Hildebrandt L. The use of prealbumin to enhance nutrition-intervention screening and monitoring of the malnourished patient. *Nutr Today.* 2003;38:134-135.
4. McWhirter JP, Pennington CR. Incidence and recognition of malnutrition in hospital. *BMJ.* 1994;308:945.
5. Villeta S, Chioloro RL, Bollmann MD, Revelly JP, Cayeux MC, Delarue J, *et al.* Negative impact of hypocaloric feeding and energy balance on clinical outcome in ICU patients. *Clinical Nutrition.* 2005;24:502-509.
6. Pirat A, Tucker A, Taylor K, Jinnah R, Finch C, Canada T, *et al.* Comparison of measured versus predicted energy requirements in critically ill cancer patients. *Respiratory Care.* 2009;54(4):487-494.
7. Amirkalali B, Hosseini S, Heshmat R, Larijani B. Comparison of Harris-Benedict and Mifflin-St Jeor equations with indirect calorimetry in evaluating resting energy expenditure. *Indian Journal of Medical Sciences.* 2008;62(7):283-290.
8. Singer P, Berger M, Berghe GV, Biolo G, Calder P, Forbes A, *et al.* ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: Intensive care. *Clinical Nutrition.* 2009;28:387–400.
9. Hill AG, Hill GL. Metabolic response to severe injury. *Brit J Surg.* 1998;85:884-890.

10. Robinson L, Diette GB, Song X, Brower RG, Krishan JA. Low caloric intake is associated with nosocomial bloodstream infections in patients in the medical intensive care unit. *Crit Care Med*. 2004;32:350-6.
11. S Klein, J Kinney, K Jeejeebhoy, D Alpers, M Hellerstein, M Murray, *et al*. Nutrition support in clinical practice: review of published data and recommendations for future research directions. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1997;66:683-706.
12. Doekel RC, Zwillich CW, Scoggin GH. Clinical semi starvation: depression of hypoxic ventilatory response. *N Engl J Med*. 1976;295:358-361.
13. Good RA, Lorenz E. Influence of energy levels and trace metals on health and life span. *JPEN*. 1990;14(Suppl):230-236.
14. Mechanik JJ, Brett EM. Nutrition and chronically ill patient. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2005;8(1):33-39.
15. Basile-Filho A, Martins M, Antoniazzi PC, Marchini JS. A calorimetria indireta no paciente em estado crítico. *RBTI*. 2003;15:29-33.
16. MacDonald A, Hildebrandt L. Comparison of formulaic equations to determine energy expenditure in the critically ill patient. *Nutrition*. 2003;19(3):233-239.
17. Ireton-Jones C, Jones J. Should predictive equations or indirect calorimetry be used to design nutrition support regimens? *NCP*. 1998;13:141.
18. Zauner A, Schneeweiss B, Kneidinger N, Lindner G, Zauner C. Weight-adjusted resting energy expenditure and routinely used prediction equations in intensive care unit patient. *Clinical Nutrition*. 2007;26(5):649-657.
19. Harris JA, Benedict FG. *Biometric Studies of Basal Metabolism in Man*. Washington DC Carnegie Institute. 1919; Publication 297.

20. Kross EK, Sena M, Schmidt K, Stapleton RD. A comparison of predictive equations of energy expenditure and measured energy expenditure in critically ill patients. *Journal of Critical Care*. In press 2012.
21. Hoffer, LJ. Protein and energy provision in critical illness. *Am J Clin Nutr*. 2003;78:906-911.
22. Boullata J, Williams J, Cottrell F, Hudson L, Compher C. Accurate Determination of Energy Needs in Hospitalized Patients. *Am Diet Ass*. 2007;107(3):393-401.
23. Rocha EE, Alves VG, Fonseca RB. Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2006;9: 247-256.
24. World Health Organization. Obesity - preventing and managing the global epidemic. 2000; Report of a WHO Consultation, Geneva: World Health Organization.
25. Deltatrac II MBM-200 Metabolic Monitor Operator's Manual. Datex. 1994.
26. Chan Y H. Biostatistics 104: Correlational Analysis. *Singapore Med J*. 2003; 44(12):614-619.
27. Bland JM & Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *Lancet*. 1986;307-10.
28. Frankenfield D, Hise, Malone A, Russel M, Gradwell E, Compher C. Prediction of resting metabolic rate in critically ill adult patients: results of a systematic review of the evidence. *J Am Diet Assoc*. 2007;107:1552-61.
29. Reid CL. Poor agreement between continuous measurements of energy expenditure and routinely used prediction equations in intensive care unit patients. *Clinical Nutrition*. 2007;26(5):649-657.



30. GZ Xiao, L Su, PK Duan, QX Wang, Y Huang. Comparison of measuring energy expenditure with indirect calorimetry and traditional estimation of energy expenditure in patients in intensive care unit. *Nutrition*. 1997;13(4):349-58.
31. Lev S, Cohen J, Singer P. Indirect calorimetry measurements in the ventilated critically ill patient: facts and controversies. *Nutr Clin Pract*. 2007;22(4):377-88.
32. Alexander E, Susla GM, Burstein AH, Brown DT, Ognibene FP. Retrospective evaluation of commonly used equations to predict energy expenditure in mechanically ventilated, critically ill patients. *Pharmacotherapy*. 2004;24(12):1659-1667.
33. Cheng CH, Chen CH, Wong Y, Lee BJ, Kan MN, Huang YC. Measured versus estimated energy expenditure in mechanically ventilated critically ill patients. *Clin Nutr*. 2002;21(2):165-172.
34. Mesejo A, Sánchez Álvarez C, Arboleda Sánchez JA. Guidelines for specialized nutritional and metabolic support in the critically-ill patient: Update. Consensus SEMICYUC-SENPE: Obese patient. *Nutr Hosp*. 2011;26(Suppl 2):54-58.
35. Stucky CC, Moncure M, Hise M, Gossage CM, Northrop D. How accurate are resting energy expenditure prediction equations in obese trauma and burn patients? *J Parenter Enteral Nutr*. 2008;32(4):420-6.
36. Chiólero R, Revelly J, Tappy L. Energy metabolism in sepsis and injury. *Nutrition*. 1997;13(9):45-51.
37. Bruder N, Raynal M, Pellissier D, Courtin C, François G. Influence of body temperature, with or without sedation, on energy expenditure in severely head-injured patients. *Crit Care Med*. 1998;26:568-572.

38. Singer P, Anbar R, Cohen J, Shapiro H, Shalita-Chesner M, Lev S, *et al.* The tight calorie control study (TICACOS): a prospective, randomized, controlled pilot study of nutritional support in critically ill patients. *Intensive Care Med.* 2011;37:601-609.
39. Krishnan JA, Parce PB, Martinez A, Diette GB, Brower RG. Caloric intake in medical ICU patients: consistency of care with guidelines and relationship to clinical outcomes. *Chest.* 2003;124(1):297-305.
40. Wong PW, Enriquez A, Barrera R. Nutritional support in critically ill patients with cancer. *Crit Care Clin.* 2001;17(3):743-767.